Zur Lehre

von der

Lane Medical Library

binokularen Accommodation.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der medicinischen Facultät

zu

Heidelberg

von

Theodor Rumpf

aus Volkmarsen.

Rostock.

Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.

1877.

Zur Lehre

von der

binokularen Accommodation.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der medicinischen Facultät

zu

Heidelberg

von

Theodor Rumpf

aus Volkmarsen.

Rostock.

Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.

1877.

Decan:

Professor **v. Dusch.**

Referent:

Professor **Otto Becker.**

§ 1.

Bei allen Untersuchungen über das binokulare Sehen hat die Frage, ob die Innervation der Accommodationsmuskeln beider Augen von einem gemeinschaftlichen Centrum aus erfolgt und somit eine gleichzeitige und gleich starke Thätigkeit in beiden Augen auslöst, oder ob die Anpassung auf das Object sich möglicher Weise als Reflexvorgang im Bereich eines Auges ohne Mitwirkung des andern abspielt, das Interesse der Forscher in hohem Maasse in Anspruch genommen.

Die Frage erhält dadurch ihre practische Wichtigkeit, dass, eine auf beiden Augen gleiche Accommodation vorausgesetzt, Anisometropen stets und ständig, Isometropen bei Betrachtung aller seitlichen, besonders aber aller nahen seitlichen Gegenstände nur auf einem Auge genau accommodirte Bilder erhalten müssen. Ist letzteres der Fall, so können wir also mit Bestimmtheit daraus schliessen, dass die Accommodation des einen Auges unzertrennlich mit der des andern verbunden ist; gelingt es jedoch nachzuweisen, dass bei einer Differenz in der Refraction oder in der Entfernung des Objectes von beiden Augen dennoch zwei genau accommodirte Bilder vorhanden sind, so kann, da hierbei ein Bruchtheil der Anpassung einseitig hinzugefügt oder entspannt werden muss, von einer stets gemeinschaftlichen Accommodation keine Rede sein.

Dass es zum binokularen Sehact nicht nöthig ist, dass beide Augen genau angepasste Bilder von den Objecten erhalten, wurde schon früher von v. Gräfe[1]) bewiesen, als er bei der Frage, ob die einseitige Cataract-

[1]) Gräfe's Archiv. II. 2. 183.

operation bei gesundem zweiten Auge zweckdienlich sei, zeigte, dass selbst das undeutliche Bild des aphakischen Auges mit dem andern deutlichen des sehtüchtigen zu einem binokularen Eindruck verschmolzen wird.

„Etwas ähnliches", fährt v. Gräfe fort, „finden wir übrigens in den so häufigen Fällen von verschiedener Brechkraft beider Augen; auch hier entstehen niemals auf beiden Seiten gleich scharfe Bilder. Selbst dann, wenn der Accommodationsbereich des einen Auges mit dem des andern zum Theil zusammenfällt (indem der Fernpunkt des kurzsichtigen Auges entlegener ist, als der Nahepunkt des fernsichtigen Auges), waltet doch beim doppelseitigen Sehen nie ein gleicher Accommodationszustand. Es herrscht grade zwischen den Accommodationsimpulsen eine ausserordentliche Sympathie in beiden Augen, und es kann diese, selbst in der Absicht gleich scharfe Bilder zu erhalten, nicht in der Weise gebrochen werden, dass das eine Auge für seine Nahepunktsgegend, das andere für seine Fernpunktsgegend accommodirt ist."

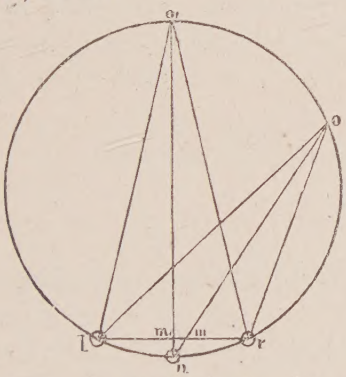
Dieselbe Anschauung wird von Donders, Hering, Schweigger und Mauthner vertreten; ihr diametral gegenüber steht die von Kaiser, Schneller und Woinow, von denen der erstere aus theoretischen Betrachtungen, die beiden andern auf Versuche gestützt zu dem Resultat kommen, dass eine verschiedene Accommodation nicht nur möglich, sondern auch bei Differenzen in der Refraction bis zu einem gewissen Grade stets vorhanden sei.

§ 2.

Bevor wir jedoch darauf eingehen, wie die einzelnen Untersucher ihre Anschauung begründen, wollen wir versuchen, uns theoretisch etwas mit den durch verschiedene Entfernung des Objectes von beiden Augen und durch Differenzen in der Refraction gegebenen Veränderungen zu beschäftigen.

Nehmen wir den Fall an, dass das Object sich seitlich von der Mittellinie befindet, so bedarf es zum Fixiren desselben einer Seitwärts- und einer Convergenzbewegung. Ist nun die Entfernung des Objectes O von beiden Augen gleich l o und gleich r o, so können wir aus dem Dreieck l o r, da l r die Pupillardistanz, die Winkel berechnen, und eben so aus den etwa gegebenen Winkeln die Entfernung des Objectes von je einem Auge.

Bezeichnen wir den Convergenzwinkel für ein Auge mit $\sphericalangle$C und den Winkel, der die Seitwärtsbewegung ausdrückt, mit $\sphericalangle$D, so ist:



l) linkes Auge; r) rechtes Auge; l r = Pupillardistanz, $\sphericalangle$ l o_1 r = $\sphericalangle$ l o r = 2 C.

n) ideales Auge Hering's für den Convergenzwinkel C = $\sphericalangle$ r l n.

$$\sphericalangle \text{l o r} = 2\ \text{C}.$$

$$\sphericalangle \text{r l o} = 90^0 - (\text{D} + \text{C}).$$

Ziehen wir nun die Mittellinie o_1 m_1 und halbiren den $\sphericalangle$ l o r, so trifft die Theilungslinie die Mittellinie erst in deren Verlängerung über m_1 hinaus, in n [1]).

---

[1]) Hering, der zur Veranschaulichung der Muskelbewegungen an Stelle der beiden Augen ein ideales Auge setzt, verlegt dasselbe hinter die Verbindungslinie beider Augen.

Aus Obigem ergiebt sich, dass die Lage desselben durch den Convergenzwinkel gegeben ist und dass es um

$$m_1\ n = l\ m_1 \cdot \text{tang C}.$$

hinter m_1 gelegen sein muss.

Da o n die Linie l r in m im Verhältniss der anliegenden zugehörigen Dreiecksseiten theilt, so erhalten wir:

$$\frac{l\,m}{l\,o} = \frac{r\,m}{r\,o} \text{ und damit auch:}$$

$$\frac{l\,m + r\,m}{l\,o + r\,o} = \frac{l\,m}{l\,o}$$

oder was dasselbe heisst:

$$1)\quad \frac{l\,r}{l\,o + r\,o} = \frac{l\,m}{l\,o}.$$

Fragen wir, in welche Entfernung von jedem Auge das Object in der Mittellinie bei gleichem Convergenzwinkel fallen würde, so ergiebt sich, wenn wir $l\,o_1\,r$ construiren:

$$\sin C = \frac{l\,m_1}{l\,o_1} \text{ und somit:}$$

$$2)\quad \sin C = \frac{l\,r}{l\,o_1 + r\,o_1}.$$

Dividiren wir Gleichung 2 durch Gleichung 1, so erhalten wir:

$$3)\quad \frac{\sin C \,.\, l\,o}{l\,m} = \frac{l\,o + r\,o}{l\,o_1 + r\,o_1}.$$

Aus dem Dreieck l o r bestimmen wir nach dem Sinussatz:

$$4)\quad l\,o = \frac{l\,m \,.\, \sin l\,m\,o}{\sin C.}.$$

Setzt man den aus Gleichung 4 für l o erhaltenen Werth in die linke Seite der Gleichung 3, so erhält man:

$$\frac{\sin C \,.\, l\,m \,.\, \sin l\,m\,o}{l\,m \,.\, \sin C.} = \frac{l\,o + r\,o}{l\,o_1 + r\,o_1}$$

und somit

$$5)\quad l\,o_1 + r\,o_1 = \frac{l\,o + r\,o}{\sin l\,m\,o}.$$

Nun ist $\sphericalangle l\,m\,o = 90^0 + D$ und $\sin (90^0 + D) = \cos D$.

Da mit dem Wachsen des Winkels D von 0 — 90° der cos D von 1 auf 0 sinkt, so wird, da $l o_1 + r o_1$ durch den gegebenen Convergenzwinkel C eine constante Grösse ist, mit dem Wachsen des $< D$ der Werth für $l o + r o$ sinken, das heisst, einen gleichen Convergenzwinkel vorausgesetzt, nimmt bei zunehmender Seitwärtsbewegung die Entfernung des Durchschnittspunktes der Sehaxen von beiden Augen stetig ab.

Daraus ergiebt sich, dass, wiederum gleiche Convergenzwinkel vorausgesetzt, die Gesammtsumme der Accommodation bei beiderseitiger Anpassung der Augen eine grössere sein muss, wenn das Object seitlich von der Mittellinie, als wenn es in derselben gelegen ist. Es kommt hier somit die relative Accommodationsbreite [1]) in Betracht, die bei Anpassung beider Augen auf das Object die Innervation verschiedener Bruchtheile voraussetzen würde.

§ 3.

Dieselbe relative Accommodationsbreite kommt aber auch in Betracht, wenn wir annehmen, dass bei Differenzen in der Entfernung nur ein Auge auf das Object angepasst ist.

Gesetzt, das linke Auge l accommodirt auf das rechts von der Mittellinie gelegene Object o, so wird o nur dann denselben Bruchtheil von Accommodation erfordern wie o_1, wenn

$$l o = l o_1, \text{ das heisst,}$$

wenn beide gleich weit vom Mittelpunkt des Kreises entfernt sind, also wenn

$$< D = < 2 C.,$$

während im andern Fall $l o$ grösser oder kleiner als $l o_1$

[1]) Dass somit ohne relative Accommodationsbreite ein seitlich gelegenes Object gar nicht angepasst, also auch nicht deutlich gesehen werden könnte, brauche ich wohl kaum hinzuzufügen.

ist und somit eine geringere oder stärkere Accommodation in Anspruch nimmt. Wird jedoch das dem Object nähere Auge angepasst, so bedarf es stets einer grösseren Accommodationsanstrengung, als sie ohne Seitwärtsbewegung erfordert wird.

Doch wird bei der meist geringen Grösse des Convergenzwinkels im Verhältniss zu einer einigermassen beträchtlichen Seitwärtsbewegung auch das entferntere Auge meist stärker accommodiren müssen.

Ein Beispiel mit einer Differenz, wie sie wohl kaum aussergewöhnlich ist, wird am besten zur Erläuterung dienen.

Nehmen wir an, das Object befinde sich rechts von der Mittellinie und zwar 34 Centimeter von dem einen und 30 Centimeter von dem andern Auge entfernt, und rechnen wir die Pupillardistanz gleich 64 Millimeter, so erhalten wir an der Figur

$$l\,o = 34;\ r\,o = 30;\ l\,r = 6{,}4.$$

Nach dem Sinussatz ist dann

$$\cos\, o\,l\,r = \frac{34^2 + 6{,}4^2 - 30^2}{2 \cdot 34 \cdot 6{,}4}$$

$$\cos\, o\,l\,r = 0{,}682353.$$

$$\sphericalangle\, o\,l\,r = 46^0\,59'$$

und $\cos\, l\,o\,r = 0{,}98776$

$$\sphericalangle\, l\,o\,r = 8^0\,59'$$

und daraus ergiebt sich:

$$\sphericalangle\, l\,r\,o = 124^0\,2'.$$

Aus diesen Winkeln können wir ferner den $\sphericalangle$ D, der die Seitwärtsbewegung ausdrückt, berechnen:

$$\sphericalangle D = 90^0 - (\sphericalangle\, o\,l\,r + \sphericalangle C)$$

$$\sphericalangle D = 38^0\ 32^1/_2'.$$

Da nun $\sphericalangle\, l\,o\,r = 2\,C$,

so können wir aus der Formel

$$\sin C = \frac{l\,m_1}{l\,o_1} = \frac{3{,}2}{l\,o_1}$$

die Entfernung des Objectes von jedem Auge für den gleichen Convergenzwinkel in der Mittellinie berechnen:

$$l\,o_1 = \frac{3,2}{\sin 4^0\,29^1/_2'}.$$

$$l\,o_1 = 40,86 \text{ Centimeter.}$$

Um also bei demselben Convergenzwinkel von $4^0\,29^1/_2'$ das von beiden Augen 40,86 Centimeter entfernte Object bei einer Seitwärtsbewegung von $38^0\,32^1/_2'$ deutlich zu sehen, bedarf es für das entferntere Auge einer Accommodation auf 34 Centimeter, für das nähere auf 30 Centimeter [1]).

In derselben Weise wie bei Isometropen kommt aber auch die relative Accommodationsbreite bei Anisometropen in Betracht, sofern überhaupt die Accommodationsbreite beider Augen theilweise zusammenfällt, was oft nicht der Fall ist, wie jene Fälle beweisen, bei denen ein Auge nur für die Nähe, das andere nur für die Ferne gebraucht wird, Fälle, die für uns wegen fehlenden Binokularsehens nicht in Betracht kommen.

§ 4.

Während Schneller und Woinow der Ansicht sind, dass bei seitlich von der Mittellinie gelegenem Object o das Auge l für die Entfernung l o und das Auge r für r o accommodirt, ist die andere Anschauung die, dass l und r gleichzeitig entweder für l o oder für r o angepasst werden.

---

[1]) Hierin liegt wohl auch die Erklärung für eine bei Presbyopen zu beobachtende Sehstörung.

Während sie ein in der Mittellinie befindliches Object, Schrift, Druck u. s. w. noch deutlich sehen, ist es ihnen bei einer Seitwärtsbewegung der Augen nicht mehr möglich. Um also lesen zu können, müssen sie entweder die Lage des Buches zum Kopf, oder, was wohl häufiger beobachtet wird, die Haltung des Kopfes zum Buch jeden Augenblick derart verändern, dass das Object in die Mittellinie beider Augen fällt.

Etwas abweichend von Schneller und Woinow glaubt Kaiser, dass die Differenz in der Accommodation von beiden Augen gemeinschaftlich getragen werde, indem l und r gleichzeitig auf $^1/_2$ (l o + r o) accommodirten, was ja schon aus dem Grunde nicht sehr wahrscheinlich ist, weil wir dann bei abwechselndem Betrachten desselben Objectes in der Mitttellinie und nach einer Seitwärtsbewegung eine Differenz in der Anpassung wahrnehmen müssten.

Gehen wir nun nach diesen theoretischen Erörterungen darauf ein, wie die einzelnen Untersucher ihre verschiedene Anschauung begründen.

Donders[1]) führt an, dass er beim Vorhalten eines negativen oder positiven Glases vor ein Auge und Betrachtung eines Objectes allerdings ein binokular deutliches Bild erhalte, dass er jedoch durch Verdecken eines Auges constatiren könne, dass nur ein Auge ein deutliches Bild erhalte und schliesst daraus, dass die Accommodationsspannung des einen Auges unzertrennlich mit der des andern verbunden ist.

Dieselbe Ansicht sucht Hering[2]) durch einen etwas andern Versuch zu beweisen. Er stellt eine Nadel seitwärts von der Mittellinie auf, spaltet das genau fixirte Bild durch ein Prisma oder durch leichtes Schielen und findet, dass nur sein dem Object näheres Auge ein deutliches Bild erhält, während das weiter entfernte Auge das Object mit Zerstreuungskreisen sieht.

„Wenn man", sagt Hering weiter, „bei der beschriebenen Augenstellung, statt nur eine Nadel in den Kreuzungspunkt der Gesichtslinien zu bringen, in jeder Gesichtslinie eine von zwei ganz gleichen Nadeln in passender Entfernung anbringt, so, dass die eine genau so weit vom linken Auge absteht, als die andere vom rechten und sich dann das anfangs erhaltene Verschmelzungsbild der beiden

---

[1]) Anomal. d. Refract. u. Accommod.

[2]) Lehre v. binokular. Sehen. S. 133.

Nadeln wieder durch eine kleine Veränderung des Convergenzwinkels in zwei Bilder spaltet, so sieht man jetzt beide Nadeln ohne Zerstreuungskreise, zum Zeichen, dass beide Augen gleich stark accommodirt sind."

Eben so tritt Schweigger[1]) für eine auf beiden Augen stets gleiche Accommodation ein, indem er constatirt, dass bei vorhandener Refractionsdifferenz nur ein Auge ein deutliches Bild von einem fixirten Object erhält, und Mauthner fügt diesen Untersuchungen hinzu, dass die Differenz der Hypermetropia manifesta, wenn solche vorhanden, stets gleich ist der Differenz der latenten.

Fragen wir nun, welche Gründe die andern Untersucher für die der obigen entgegengesetzte Ansicht beizubringen vermögen.

Kaiser[2]) kommt aus Erfahrungen an seinen eigenen Augen zu dem Resultat, dass die Anisometropie bis zu einem gewissen Grade durch die verschiedene Accommodation beider Augen ausgeglichen werde und führt hierfür an, dass das Tragen von verschiedenen Gläsern für seine um $^1/_{60}$ differirenden hypermetropischen Augen ihn zwar beim Sehen in die Nähe befriedigt habe, dass er aber direct nach dem Ablegen der Brille eine grosse Unbequemlichkeit empfunden habe, und ihm dabei durch die nun wieder eintretende verschiedene Accomodation die Ungleichheit seiner Augen auf sehr empfindliche Art zum Bewusstsein gekommen sei. Dieser Umstand habe ihn veranlasst, gleiche Gläser zu tragen, wodurch er sowohl bei der Benutzung als nachher vollständig befriedigt werde.

Zu derselben Anschauung wie Kaiser kam durch eine Reihe von Untersuchungen Schneller[3]).

Ein Loch in dunklem Papier, vor die Milchglasglocke einer Lampe gehalten, wurde von ihm als Object benutzt

---

[1]) Handbuch der Augenheilkunde S. 70.
[2]) Gräfe's Archiv. XIII. 2. 366.
[3]) Gräfe's Archiv. XVI. 1. 176.

und soweit seitlich von der Mittellinie aufgestellt, dass der Unterschied in der Entfernung von beiden Augen 24 Millimeter betrug. Durch ein Prisma von 8°, Winkel unten, trennte er sodann die Bilder beider Augen und sie erschienen nun zuerst ungleich deutlich. Standen die beiden Bilder aber recht dicht übereinander und waren sie genügend hell, so erschienen ihm nach kurzer Zeit beide Bilder gleich deutlich. Das zu Anfang deutliche Bild war das des ferneren Auges, und es kostete dem andern Auge einen fühlbaren Zwang, sein Bild dem andern gleich deutlich zu machen.

Die unbequeme, rasch ermüdende Stellung der Augen bei seitlicher Lage des Objects veranlassten Schneller, den Versuch so umzuändern, dass er in der Mittellinie beobachten konnte.

Er brachte also das Object, wieder das Loch in dunklem Papier vor der Milchglasglocke, in die Mittellinie, brachte vor ein Auge ein Prisma von 8° und vor das andere positive und negative Gläser. Hierbei gelang es ihm ebenfalls, beide Bilder gleich deutlich zu erhalten, wenn bei linksseitigem Stand des Prismas das rechte Auge Linsen bis $+\frac{1}{36}$ und $-\frac{1}{50}$, wenn das Prisma rechts stand, das linke Auge $+\frac{1}{60}$ und $-\frac{1}{36}$ erhielt.

Zu einem weiteren Versuch benutzte Schneller ein Stereoskop ohne Gläser, in dem sich zwei Zeichnungen befanden, von denen einige Theile zu einem gemeinschaftlichen Bild vereinigt wurden, andere getrennt blieben. So lange die getrennten gleich deutlich waren, musste jedes Auge auf das Object angepasst sein. Auch hier wurde links $+\frac{1}{22}$ und $-\frac{1}{36}$ und rechts $+\frac{1}{36}$ und $-\frac{1}{35}$ überwunden.

Ferner benutzte er als Object kleine Schrift, hielt die

Mitte des Blattes in deutlicher Leseentfernung, verdeckte dem einen Auge die Hälfte der Schrift und hielt vor das andere immer stärkere Gläser. Nun konnten die Gläser bis zu einer gewissen Höhe gesteigert werden, und Schneller sah doch mit beiden Augen die Schrift gleich scharf. So überwand das linke Auge bis $+\frac{1}{18}$ und $-\frac{1}{36}$, das rechte bis $+\frac{1}{36}$ und $-\frac{1}{28}$.

Aus allen diesen Untersuchungen schliesst Schneller, dass ein Unterschied in der Accommodation möglich sei, und zwar nach seinen Berechnungen von $\frac{1}{18}$, und dass auch Anisometropen, soweit die Differenz in der Refraction ihrer Augen nicht grösser ist, $\frac{1}{18}$, oder bei Uebung noch mehr überwinden und doch mit beiden Augen gleichzeitig scharf sehen können.

Zu demselben Resultat, dass eine gleichmässige Innervation in Bezug auf die Accommodation nicht vorhanden sei, kam durch einen andern Versuch Woinow[1]).

Ausgehend von der Thatsache, dass Licht durch blaues Kobaltglas verschieden gebrochen wird und zwar, dass die rothen Strahlen früher zur Vereinigung kommen als die blauen, glaubt er ein sicheres Mittel zu haben, um Verschiedenheiten in der Anpassung beider Augen zu erkennen.

Indem er vor eine enge vertikale Spalte Kobaltglas setzte, und dieses durch eine Lampe und Linse stark erhellte Object seitlich rechts oder links von der Mittellinie aufstellte, glaubte er, dass bei ein und derselben Accommodation bei binokularem Sehen der Spalt mit farbigen Rändern hätte hervortreten müssen, was aber nicht der Fall war.

[1]) Gräfe's Archiv. XVI. 1. 209.

Hieraus schliesst Woinow, dass beide Augen eine verschiedene und zwar das nähere Auge eine stärkere Accommodation haben aufwenden müssen.

§ 5.

Gehen wir nun auf die Versuche Schneller's und Woinow's etwas näher ein.

Zunächst wurde genau nach dem ersten Versuch Schneller's ein Loch in dunklem Papier, oder weil dessen Ränder nicht scharf genug schienen, in schwarzem Blech von uns benutzt und sowohl bei seitlicher Stellung, als auch in der Mittellinie mit Vorsetzen von Gläsern untersucht. Doch gelang es weder mir, noch etlichen Anderen, die ich auf mein negatives Resultat hin die Sache zu prüfen bat, beide Punkte gleich deutlich zu sehen. Abgesehen davon, dass sie der Färbung nach nicht völlig gleich waren, hatte einer der Punkte stets Randstrahlen, als deren Veranlassung wir zunächst unsern Astigmatismus beschuldigten. Ich versuchte deshalb ein Object zu construiren, bei dessen Anpassung nur ein Meridian des Auges in Betracht kam, und diente hierbei das von Helmholtz empfohlene Drahtoptometer zum Vorbild.

Elf je $^1/_2$ Millimeter dicke Drähte, die vollständig gleich waren, wurden auf zwei Spangen oben und unten, eng an einander gelegt, vernietet.

Indem nun jeder zweite von diesen entfernt wurde, entstanden fünf Spalten, unter einander und den Drähten völlig gleich. Hierauf wurde aus einem Blech ein rechteckiger Ausschnitt in der Art gemacht, dass die Breite fünf Millimeter und die Länge ungefähr das Doppelte betrug, und sodann die Spangen mit den darauf befindlichen sechs Drähten so an der Blende befestigt, dass die Ränder derselben vom ersten und letzten Draht nur die Hälfte verdeckten, und die seitliche Begrenzung der Zwischenräume somit vollständig gleich war. Das so erhaltene Drahtoptometer wurde sodann in einem Ring befestigt,

dessen Untersatz sich auf einer einarmigen Optometerstange verschieben liess und mit einer grösseren Blechplatte mit Ausschnitt in der Art verbunden, dass bei dahinter stehender Lampe nur durch die Zwischenräume Licht einfallen konnte. Zwischen Object und Lampe wurde dann noch eine matte Glastafel angebracht, die möglichst hell und gleichmässig beleuchtet wurde.

Dieses vertikal stehende Drahtoptometer liess die geringsten Ungenauigkeiten schon dadurch erkennen, dass die Effecte sich in der Art summirten, dass eine kleine Veränderung an den Zwischenräumen gleich eine solche an den dunklen Drähten nach sich zog.

Zunächst trat nun die Frage an uns heran, ob sich gegen die Art und Weise, nach der Schneller seine Untersuchungen anstellt, etwas einwenden lasse. Betrachten wir also zuerst, welche Veränderungen durch ein Prisma gesetzt werden.

Schiebe ich bei genau fixirenden Augen ein Prisma vor, so wird, falls das unbewaffnete Auge eingestellt bleibt, dieses ein Bild von dem Object auf der Stelle des deutlichsten Sehens erhalten, während das Bild des mit dem Prisma bewaffneten Auges seitlich davon gelegen sein muss und zwar um eine Entfernung, die der ablenkenden Wirkung des Prismas entspricht [1]).

Da somit nur ein Bild centrirt ist, so ist es wohl nur schwer möglich, dass beide gleichzeitig zur deutlichen Wahrnehmung kommen. Es muss vielmehr das zu untersuchende vorher genau centrirt sein, was selbstverständlich

---

[1]) Nehmen wir an, ein Prisma von 8^0 sei das benutzte und der einfallende Strahl bilde mit der vertikalen einen Winkel von 6^0, so können wir aus diesen gegebenen Grössen, sowie aus dem Brechungsexponent des Glases = 1,535 den Ausfallwinkel x berechnen:

$$\sin x = \sin 8^0 \sqrt{1{,}535^2 - \sin^2 6} - \cos 8^0 \cdot \sin 6^0$$
$$\sin x = 0{,}10976$$
$$< x = 6^0\ 15'.$$

auch dem mit dem Prisma versehenen Auge möglich ist, indem nun das Bild des andern Auges seitwärts von der Stelle des deutlichsten Sehens fällt.

Eine Reihe in dieser Richtung angestellter Versuche ergab denn auch die Uebereinstimmung obiger theoretischer Auseinandersetzungen mit der Wirklichkeit. Doch war es immerhin möglich, trotz der allerdings nicht bedeutenden Augenwendungen, anzugeben, ob das Auge auf das Object angepasst war.

Ein weiteres Bedenken, das sich gegen die alleinige Untersuchung dieser Frage mit Prismen erhob, war die Farbenzerstreuung durch dieselben, die von einzelnen Untersuchern so sehr empfunden wurde, dass das durch ein Prisma erhaltene Bild nie so deutlich war, wie das Bild des unbewaffneten Auges. Ich versuchte deshalb durch abwechselndes Verdecken eines Auges bei genauer beiderseitiger Einstellung auf das Object die Deutlichkeit des Bildes, das jedes Auge erhielt, zu prüfen, und so die durch ein Prisma gefundenen Resultate stets zu controliren.

§ 6.

Bevor ich nun zu weiteren Untersuchungen überging, liess ich meine Augen sowohl in Atropinlähmung, als ohne diese untersuchen, und es fand sich hier, dass die horizontalen Meridiane auf beiden Augen gleich waren, während die andern einige Differenzen zeigten, die ich später anführen werde.

Ich konnte somit das vertikale Drahtoptometer ohne Correction untersuchen, und es zeigte sich auch, dass bei gleicher Entfernung desselben von beiden Augen die Bilder bei abwechselndem Verdecken sowohl als auch beim Spalten durch ein Prisma vollständig gleich deutlich waren.

Als deutlich konnte selbstverständlich nur ein Object angesehen werden, dessen Zwischenräume vollständig

gleichfarbig und gleich gross und dessen als schwarze Linien erscheinenden Drähte ebenso gross als die Interstitien gesehen und durch keine Randstrahlen an ihrer scharfen Grenze beeinträchtigt wurden.

Versuch 1.

Stellte ich das Drahtoptometer rechts oder links von der Mittellinie auf und zwar 30 Centimeter von dem einen und 34 Centimeter von dem anderen Auge, fixirte das Object genau und verdeckte abwechselnd ein Auge, so war das Bild des entfernteren Auges stets das zunächst deutliche, während das Bild des näheren Auges undeutlich war und erst deutlich wurde, nachdem das weiter entfernte Auge ein kleines Weilchen verdeckt war.

Entfernte ich nun die Decke von dem weiter entfernten Auge und brachte sie vor das nähere, so erschien das Bild des weiteren Auges nunmehr undeutlich und wurde langsam mit fast bemerkbarer Entspannung der Accommodation deutlich.

Hatte ich zu diesem Versuch ein Prisma benutzt, so sah ich zunächst das Bild des nähern Auges undeutlich neben dem deutlichen des weiter entfernten. Nun gelang es mir zwar, durch starke Fixation das Bild des näheren Auges deutlich zu erhalten, doch wurde hierdurch augenblicklich das Bild des weiter entfernten Auges undeutlich.

Eins ist also bei diesem Versuch festzuhalten, dass es mir **nicht** gelang, bei einer Differenz von $\frac{1}{97}$ beide Bilder gleich deutlich zu erhalten.

Versuch 2.

Gehen wir nun zu dem weiteren Versuch über, bei dem sich beide Augen gleich weit von dem Object und zwar je 30 Centimeter befinden.

Hierbei suchte ich durch abwechselndes Vorhalten von Convex- und Concavgläsern vor ein Auge auf diesem einen Bruchtheil der Accommodation zu entspannen oder hinzuzufügen.

Bewaffnete ich das rechte oder linke Auge zunächst mit $+\frac{1}{60}$ und dann mit $+\frac{1}{50}$, so erhielt ich allerdings ein deutliches binokulares Bild, während mit $+\frac{1}{40}$ auch dieses undeutlich war. Spaltete ich hingegen das Bild, so war nur das eine deutlich und zwar zunächst das des bewaffneten Auges. Doch gelang es mir, das Bild des unbewaffneten Auges deutlich zu erhalten. Zugleich verlor jedoch das vorher deutliche Bild seine Klarheit.

Ebenso erhielt ich durch Vorsetzen von Concavgläsern vor ein Auge und zwar bis $-\frac{1}{30}$ ein deutliches binokulares Bild. Auch hier konnte ich bei Vorsetzen eines Prismas oder beim Verdecken eines Auges constatiren, dass nur ein Bild deutlich, das andere undeutlich war.

Meist war das Bild des rechten Auges das zunächst deutliche, wie das wohl bei Vielen der Fall sein wird, die gewohnt sind, mit dem rechten Auge zu fixiren, wie ich das wahrscheinlich in Folge einer im vertikalen Meridian meines linken Auges etwas stärkeren Hypermetropie zu thun pflege.

Doch gelang es mir stets leicht, das Bild des linken Auges durch Fixation deutlich zu erhalten. Hierbei wurde jedoch wiederum das vorher deutliche Bild des rechten Auges undeutlich.

Wie aus Vorstehendem erhellt, weichen meine Resultate von denen Schneller's beim ersten Versuch vollständig ab. Dasselbe war mit dem zweiten Versuche Schneller's der Fall.

Wie schon oben erwähnt, benutzte er zu diesem ein

gläserloses Stereoskop, in dem zwei Zeichnungen mit theils gemeinschaftlichen, theils verschiedenen Linien als Object benutzt wurden.

Die gemeinschaftlichen wurden zu einem Eindruck vereinigt und sodann die verschiedenen durch Vorsetzen von Gläsern auf ihre Anpassung geprüft. Abgesehen davon, dass Linien auf weissem Papier ein Object sind, dessen genaue Anpassung sich schwer beurtheilen lässt, wird durch das Vorsetzen von Gläsern auch die Grösse des Objectes noch verändert, was eine Beurtheilung doppelt schwierig macht.

Die Resultate Schneller's konnte ich auch hierbei nicht bestätigen. Ebensowenig gelang es mir, bei dem dritten Versuch nach Schneller's Angabe auf beiden Augen einen verschiedenen Bruchtheil von Accommodation in Thätigkeit zu setzen.

Bewaffnete ich das eine Auge mit $+\frac{1}{60}$ und das andere mit einem halbgeschwärzten Planglas, und hielt das Object, grössere oder kleinere Schrift, so, dass das myopisch gemachte Auge die ganze Seite sah, das andere nur die eine Hälfte jeder Zeile, so konnte ich allerdings ohne irgendwelche Unbequemlichkeit lesen. Verdeckte ich aber rasch das mit dem Convexglas bewaffnete Auge, so sah ich durch das Planglas die Buchstaben keineswegs gleich deutlich, sondern es bedurfte erst einer bemerkbaren Accommodationsanstrengung zum Deutlichsehen.

Nach diesen negativen Resultaten wiederholte ich nun den Versuch Woinow's.

Vor eine durch eine Lampe und Linse stark erhellte enge Spalte setzte ich ein Kobaltglas und betrachtete dieses bei seitlicher Lage des Objectes. Auch hier erhielt ich ebenso wie Woinow ein binokular deutliches Bild ohne farbige Ränder. Wurde aber das binokulare Bild durch ein Prisma oder durch Verdecken gespalten, so zeigte sich auf das Deutlichste, dass keineswegs jedes Auge ein deut-

liches Bild erhielt, sondern dass nur ein Auge auf das Object accommodirt war, das Bild des andern Auges dagegen farbige Randstrahlen hatte. Dasselbe Resultat erhielt ich, wenn ich an Stelle der seitlichen Differenz positive oder negative Gläser vor ein Auge setzte.

Dass jedoch auch bei Verschiedenheit in dem Refractionszustand beider Augen ein binokular deutliches Bild ohne farbige Ränder erscheint, ist wohl nicht zu verwundern, zumal ja die Verschmelzung des einen undeutlichen Bildes mit dem anderen deutlichen oder die Unterdrückung des farbigen Zerstreuungskreises eine häufig beobachtete Thatsache ist.

§ 7.

Der Umstand, dass diese Versuche, die von Schneller und Woinow zum Beweise einer verschiedenen Accommodation angeführt werden, mir theils nicht beweisend erschienen, theils auch negative Resultate ergaben, veranlasste mich, meine Untersuchungen noch auf eine Anzahl anderer Personen auszudehnen, und ergaben dieselben Folgendes:

Versuch 3.

K. L., Student, 23 Jahre, Emmetrop:

rechter Nahepunkt 11 Cm.,
linker „ 11 Cm.,
binokularer „ 8 Cm.

Stelle ich das Object und zwar das Drahtoptometer seitlich von der Mittellinie auf, und zwar zunächst 34 Centimeter von dem einen und 30 Centimeter von dem anderen Auge, und sodann 24 und 20 Centimeter, so giebt der Untersuchte an, dass bei der genauesten Fixation stets nur ein Bild bei Prisma und Verdecken deutlich ist, und zwar erhält im ersten Fall das 30 Centimeter und im zweiten Fall das 24 Centimeter entfernte Auge zunächst ein deutliches Bild. Wird dann das anfangs undeutliche

Bild durch Verdecken des einen Auges oder durch starke Fixation deutlich erhalten, so wird augenblicklich das erste Bild undeutlich.

Versuch 4.

Versetzen wir das Object in die Mittellinie und zwar in eine Entfernung von 36 Centimetern, und setzen vor das rechte oder linke Auge $+\frac{1}{60}$ oder $+\frac{1}{50}$, so erhält der Untersuchte ein binokular deutliches Bild. Hier ist das Bild des bewaffneten Auges das zunächst deutliche; doch gelingt es dem Untersuchten wiederum, durch Fixation das andere Bild deutlich zu erhalten, während dann das Bild des mit Convexglas bewaffneten Auges undeutlich wird.

$+\frac{1}{40}$ bis $+\frac{1}{15}$ geben allerdings noch ein binokular deutliches Bild; doch gelingt es nicht mehr, das Bild des unbewaffneten Auges deutlich zu erhalten.

Gehe ich nun zu Concavgläsern über und gebe einem Auge $-\frac{1}{60}$, $-\frac{1}{50}$, so ist das Bild des bewaffneten Auges das zunächst deutliche, während bei $-\frac{1}{36}$ und $-\frac{1}{30}$ es dem Untersuchten sehr leicht fällt, die Bilder abwechselnd deutlich zu erhalten und bei benutztem Prisma die Randstrahlen an dem einen Bild verschwinden und an dem anderen auftauchen zu sehen.

Setze ich vor das eine Auge $-\frac{1}{24}$, so ist das Bild des bewaffneten Auges das deutliche, während das andere sehr undeutlich ist. Fixirt der Untersuchte das Bild des bewaffneten Auges, so gelingt es ihm allerdings, dieses etwas deutlicher zu erhalten, jedoch ohne dass es so klar, als das dadurch alsbald undeutlicher ge-

wordene des unbewaffneten Auges erscheint. Sobald jedoch die mit der Fixation verbundene Accommodationsanstrengung etwas nachlässt, erscheint das Bild des unbewaffneten Auges sogleich wieder klar, und das mit $-\frac{1}{24}$ bewaffnete Auge erhält ein ganz undeutliches Bild.

Versuch 5.

L. W. hat vor Kurzem einjährig gedient und klagt, dass er beim Schiessen zuerst darauf aufmerksam geworden, dass er mit dem rechten Auge schlechter sehe als mit dem linken, und seit dieser Zeit verschiedene Gläser trage.

Die Untersuchung ergiebt:

R. A. $-\frac{1}{14}\int\frac{20}{20}$.

L. A. $-\frac{1}{24}\int\frac{20}{20}$.

N. R. 4 Zoll 4 Linien.

N. L. 5 Zoll.

N. B. 3 Zoll 2 Linien.

Stelle ich das Stäbchenoptometer 30 Centimeter von jedem Auge und lasse den Untersuchten das Object genau fixiren, so giebt er an, ein deutliches Bild zu sehen. Verdecke ich nun abwechselnd ein Auge, so sagt Untersuchter aus, dass er mit dem rechten Auge augenblicklich ein Bild sieht, welches das Gesammtbild an Deutlichkeit noch übertrifft, während das Bild des linken Auges undeutlich ist.

Verdecke ich nun das rechte Auge, so wird nach einer kleinen Anstrengung das Bild des linken Auges deutlich, und wird der Versuch mit einem Prisma gemacht, so sieht der Untersuchte, dass, sobald das linke Bild deutlich geworden, das vorher deutliche rechte seine Klarheit vollständig verloren hat.

Berechne ich die Differenz in der Refraction beider Augen $\frac{1}{14}-\frac{1}{24}$, so finde ich, dass dieselben durch Vor-

setzen von $-\frac{1}{34}$ vor das rechte Auge oder $+\frac{1}{34}$ vor das linke ausgeglichen wird.

Setze ich diese Gläser abwechselnd vor das betreffende Auge, so sagt der Untersuchte aus, dass beide Bilder gleich deutlich seien und es ihm nicht möglich sei, beim Verdecken oder Spalten durch ein Prisma eine Differenz anzugeben.

Versuch 6.

O. P., Student, 20 Jahre:

R. A. $-\frac{1}{24}\int\frac{20}{20}$.

L. A. $-\frac{1}{36}\int\frac{20}{20}$.

N. R. 4 Zoll.

N. L. 4 Zoll 3 Linien.

N. B. 3 Zoll.

Stelle ich das Stäbchenoptometer 30 Centimeter von jedem Auge auf, und verdecke jedes Mal nach genauer Fixation des binokular deutlichen Bildes ein Auge, so giebt der Untersuchte genau an, dass das Bild des linken Auges deutlich sei, das des rechten aber erst deutlich werde, wenn das linke Auge ein kleines Weilchen verdeckt gewesen.

Entferne ich nun hierauf den Schirm von dem linken Auge und verdecke rasch das rechte, so ist jetzt das Bild des linken Auges im ersten Augenblick undeutlich und wird erst allmählich klar.

Corrigire ich hingegen den Unterschied in der Refraction durch $+\frac{1}{72}$ vor dem linken oder $-\frac{1}{72}$ vor dem rechten Auge, so ist beim Verdecken jedes Auges das Bild des anderen deutlich und verändert sich mit dem Verdecktbleiben des einen Auges nicht im Geringsten.

§ 8.

Um diese Versuche, die durch das abwechselnde Verdecken und die Benutzung des Prismas immerhin ziemlich complicirt waren, zu vereinfachen, suchte ich noch auf eine andere Weise die binokulare Anpassung der Augen zu prüfen.

Der Gedanke, jedem Auge eine Figur als Object zu geben, um die beiden zu einem stereoskopischen Bilde zu vereinigen, konnte aus dem Grund keine Resultate geben, weil, wie van der Meulen [1]) schon früher nachgewiesen, ebensowenig zum stereoskopischen Sehen, wie zum binokularen in beiden Augen genau accommodirte Bilder vorhanden sein müssen. Dagegen konnten gegen einen Versuch, beiden Augen gleiche Objecte zu bieten, keine Einwendungen gemacht werden. Doch durfte hierbei das eine Auge das Object des anderen nicht sehen. Wir benutzten desshalb ein Optometer, das die Blickfelder beider Augen durch eine Scheidewand trennte.

Zu beiden Seiten der Scheidewand verlief eine Rinne, in der die Objecte auf einem in die Rinne passenden Fuss leicht verschoben werden konnten. Ausserdem befand sich auf jeder Seite der Scheidewand eine genaue Maassangabe, so dass, wenn der 0-Punkt des Instruments der Hornhautgrenze entsprach, die Entfernung des Objects von jedem Auge genau angegeben werden konnte.

Wir benutzten nun Blechplatten, in die je ein oder mehrere Punkte von gleicher Grösse eingestochen waren, und schon die ersten Versuche bei Isometropen ergaben, dass, wenn bei gleicher Entfernung jeder Platte vom Auge die Punkte eben noch völlig gleich und ohne Randstrahlen waren, schon bei geringer Verschiebung einer Platte nur die einen Punkte noch deutlich waren, die anderen aber Randstrahlen hatten und auch der Färbung nach sich

[1]) Gräfe's Archiv XIX. 1. pag. 113.

unterschieden und erst deutlich wurden, wenn das corrigirende Glas vorgesetzt wurde.

Da nun mit der Anzahl der Punkte und hauptsächlich mit deren Kleinheit die Deutlichkeit des Urtheils wuchs, so benutzten wir vor Allem Platten, in die eine Menge eng nebeneinander stehender Punkte von möglichst geringer Grösse eingestochen waren.

Versuch 7.

Stelle ich bei mir jede Platte auf 6 Zoll und sehe die Platten abwechselnd an, so sind die Punkte jeder Platte absolut deutlich und verändern sich beim längeren Ansehen nicht im Geringsten. Verschiebe ich die eine Platte nur um wenige Linien, so bemerke ich augenblicklich Veränderungen an einer Platte, die sich durch Randstrahlen und Farbenveränderung charakterisiren.

Stelle ich nun beide Platten wieder auf 6 Zoll und bewaffne ein Auge mit $+\ \frac{1}{60}$, so gelingt es mir keineswegs trotz längeren Ansehens beide Platten gleich deutlich zu erhalten, sondern ich muss die Platte des unbewaffneten Auges auf 6 Zoll 8 Linien verschieben, um in der Deutlichkeit der Punkte keine Differenz zu sehen.

Nun war es mir allerdings möglich, die eine Platte um 1 oder höchstens $1^1/_2$ Linie zu verschieben, ohne dass die Veränderung auffallend wurde; doch gelang es mir nie, die einmal eingetretene Undeutlichkeit zu überwinden.

Da aber die Differenz von $1—1^1/_2$ Linien einen Unterschied in der Accommodation von weniger als $\frac{1}{200}$ voraussetzt, so können wir wohl annehmen, dass dieser in der Schwierigkeit, feinere Wahrnehmungen klar zum Bewusstsein zu bringen, begründet ist.

Dieselben Resultate in Beziehung auf die Anpassung ergaben auch die übrigen Untersuchten.

Versuch 8.

Dr. med. Kht.:

L. A. $-\frac{1}{42}\int\frac{20}{20}$,

R. A. $-\frac{1}{13}\int\frac{20}{20}$.

Stelle ich beide Platten auf 6 Zoll, so ist nur die rechte deutlich, und ich muss die linke auf 8 Zoll 4 Linien rücken, um sie deutlich zu machen.

Berechnen wir hieraus die Refractions-Differenz $\frac{1}{6} - \frac{1}{8^4/_{12}}$, so ergiebt sich dieselbe gleich $\frac{1}{21}$.

Bewaffne ich nun das rechte Auge mit $-\frac{1}{20}$ oder das linke mit $+\frac{1}{20}$, die durch $\frac{1}{20} - \frac{1}{21} = \frac{1}{420}$ entstehende Differenz ausser Acht lassend, so muss ich beide Platten in gleiche Entfernung von den Augen bringen, damit beide deutlich gesehen werden.

Doch zeigt sich hier, dass die durch $\frac{1}{420}$ bedingte Differenz sich noch geltend macht in der Art, dass kleine Verschiebungen der einen Platte um $^1/_2$—1 Linie nach vorwärts oder rückwärts dem vorgesetzten Glas entsprechend die eine Platte entschieden deutlicher machen.

Versuch 9.

Dr. med. Ks. hat nach Untersuchung eine Refractions-Differenz von $\frac{1}{99}$. Betrachtet derselbe die Platten bei einer Entfernung von 6 Zoll, so ist die linke undeutlich, und muss ich dieselbe auf 6 Zoll $4^1/_2$ Linien, also in die der Refractions-Differenz entsprechende Entfernung bringen, um beide gleich deutlich zu machen.

Bewaffne ich nun das linke Auge mit $-\frac{1}{36}$, so ist wieder die linke Platte undeutlich, und muss ich dieselbe auf 7 Zoll 10 Linien bringen, während die rechte Platte auf 6 Zoll bleibt.

Berechnen wir hieraus die Differenz, so erhalten wir $\frac{1}{6} - \frac{1}{7^{10}/_{12}} = \frac{11}{282}$, und ziehen wir hiervon das vorgesetzte Glas ab $\frac{11}{282} - \frac{1}{36}$, so erhalten wir die Refractionsdifferenz gleich $\frac{1}{93}$.

Der Unterschied gegen die erste Rechnung würde sich hiernach $\frac{1}{93} - \frac{1}{99} = \frac{1}{1534}$ ergeben.

Dass diese minimalen Differenzen nicht in Betracht kommen können, ergiebt sich wohl von selbst, zumal ich das Vorkommen einer Differenz von $\frac{1}{200}$ allerhöchstens und auch die wohl als Ausfluss der Mangelhaftigkeit unserer Untersuchungs-Methoden zugeben will.

Versuch 10.

R. Pf., cand. med., hat bisher keine Ahnung davon gehabt, dass seine beiden Augen nicht völlig gleich sind [1]).

Die Untersuchung ergiebt für das rechte Auge eine Myopie von $-\frac{1}{42}$ mit $\int \frac{20}{20}$, für das linke Auge ist

---

[1]) Vor der Bestimmung der Refraction liess ich den Untersuchten die helle Spalte mit Kobaltglas in der Mittellinie betrachten, und war Untersuchter sehr verwundert beim Verdecken eines Auges oder beim Spalten durch ein Prisma ein einfarbiges und ein farbig gerändertes Bild zu sehen. Ich konnte ihm aus diesem Versuch zu seinem Erstaunen mittheilen, dass die Refraction seiner beiden Augen verschieden sei.

$-\frac{1}{60}$ schon zu stark, dagegen hat er mit $-\frac{1}{60}+\frac{1}{48}$ auf dem rechten Auge $\int \frac{20}{20}$ und giebt an, damit sehr gut zu sehen.

Stelle ich nun beide Platten auf 6 Zoll und lasse mit unbewaffneten Augen die Platten betrachten, so sagt er aus, dass die rechte Platte undeutlich sei, und ich muss dieselbe auf 6 Zoll 9 Linien verschieben, um sie deutlich zu machen.

Betrachtet er aber die auf 6 Zoll stehenden Platten mit den entsprechenden Gläsern, also $-\frac{1}{42}$ vor dem rechten Auge und $-\frac{1}{60}+\frac{1}{48}$ vor dem linken, so sind beide Platten gleich deutlich, und ist nur das rechte Auge mit $-\frac{1}{42}$ bewaffnet, so muss ich die linke Platte auf 6 Zoll 2 Linien schieben. Berechnen wir hieraus die Differenz in der Refraction, so erhalten wir

$$\frac{1}{6}-\frac{1}{6^3/_4}=\frac{1}{54}.$$

Auch in diesem Fall konnte also von einer verschiedenen Anpassung der Augen nicht die Rede sein, während es allerdings wiederum gelang, die eine der eingestellten Platten um etwa eine Linie zu verschieben, ohne dass die Undeutlichkeiten im Bild genau zum Bewusstsein kamen.

§ 9.

Ganz dieselben Unterschiede lassen sich herstellen, wenn ich nicht verschiedene Augen, sondern die verschiedenen Meridiane der beiden Augen zur Untersuchung benutze.

Auch hier könnte eine verschiedene Accommodation Statt haben.

Gesetzt, die Refraction des horizontalen und vertikalen

Meridians sei um $\frac{1}{x}$ verschieden und dennoch seien beide für zwei gleich weit entfernte Objecte genau accommodirt, so müsste selbstverständlich in dem Fall, dass die Strahlen des einen Objectes nur durch den vertikalen, die des anderen nur durch den horizontalen Meridian gebrochen würden, das eine Auge einen Mehraufwand von Accommodation $= \frac{1}{x}$ aufbringen. Dass dieses eben so wenig der Fall ist, erlaube ich mir durch einige Beispiele zu zeigen.

Vorausschicken muss ich, dass der vertikale Meridian meines linken Auges um $\frac{1}{72}$ stärker hypermetropisch ist, als der horizontale meines rechten Auges.

Versuch 11.

Benutze ich zwei Platten, in denen sich je zwei Punkte derart befinden, dass diejenigen der rechten Platte sich um mehrere Linien getrennt übereinander, die der linken in derselben Entfernung neben einander befinden, so kommt für die linke Platte mein vertikaler und für die rechte mein horizontaler Meridian in Betracht.

Stelle ich nun beide Platten auf 8 Zoll, so muss ich die linke Platte weiter vom Auge entfernen, und erhalte die horizontalen Punkte erst eben so deutlich wie die vertikalen, wenn sich die linke Platte auf 9 Zoll befindet.

Bewaffne ich nun das linke Auge mit $+\frac{1}{36}$, so muss ich nunmehr die linke Platte nach vorne schieben und erhalte die Punkte dieser erst deutlich, wenn dieselbe auf 7 Zoll 2 Linien steht.

Versuch 12.

Dieselben Resultate erhalte ich bei Cand. med. G. H., der auf beiden Augen gleich gut sieht, Emmetrop ist, da-

gegen einen nicht sehr grossen Astigmatismus hat, indem der horizontale Meridian seines rechten Auges $\frac{1}{90}$ hypermetropisch ist.

Stelle ich nun beide Platten auf 6 Zoll Entfernung und zwar so, dass die horizontalen Punkte sich links, die vertikalen sich rechts befinden, so muss ich die rechte Platte, um alle Punkte gleich deutlich zu machen, auf 6 Zoll $4^1/_2$ Linien verrücken.

Durch Berechnung der Differenz ergiebt sich:

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{6^9/_{24}} = \frac{1}{91}.$$

Stelle ich nun beide Platten wieder auf 6 Zoll und bewaffne das linke Auge mit $+\frac{1}{60}$, so sind die Punkte wiederum nicht gleich deutlich, und muss ich nun die rechte Platte auf 7 Zoll 2 Linien verschieben.

Die Differenz in der Refraction ergiebt sich somit:

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{7^2/_{12}} = \frac{14}{516}; \quad \frac{14}{516} - \frac{1}{60} = \frac{1}{95}.$$

Den unbedeutenden Unterschied von $\frac{1}{90} - \frac{1}{95}$, der bei Einstellung auf dem Optometer noch nicht den vierten Theil einer Linie ausmacht, können wir wohl aus schon oben angeführten Gründen ausser Acht lassen.

§ 10.

Aus allen diesen Untersuchungen ergiebt sich, dass das, was Schneller für seine Person gefunden hat, für unsere Untersuchten und wohl wahrscheinlich für die grosse Mehrzahl der Isometropen wie Anisometropen keineswegs Gültigkeit hat.

Dass es mir speciell auch selbst durch länger dauernde Anstrengung nicht gelingt, die Accommodation beider Augen getrennt in Thätigkeit zu setzen, beweist ein anderer Versuch (XIII).

Ich bewaffnete mein linkes Auge mit $+\frac{1}{60}$ und gab meinem rechten Auge ein Planglas, in der Absicht, vielleicht durch längeres Tragen der Gläser die durch $\frac{1}{60}$ gegebene Differenz aufzubringen.

Die ersten Untersuchungen ergaben, dass ich fortfuhr, mit dem rechten Auge zu sehen, während die Bilder des linken Auges undeutlich waren. Hatte ich aber die Gläser nur wenige Stunden getragen, so bemerkte ich, dass nunmehr mein linkes Auge auf das Object accommodirt war, während das rechte Auge ein undeutliches Bild erhielt.

Da sich dieses Resultat auch nach längerem Tragen der Gläser nicht veränderte, so kann ich wohl schliessen, dass selbst längere Uebung mir nicht gestattet, auf beiden Augen verschiedene Bruchtheile von Accommodation in Thätigkeit zu setzen.

Immerhin will ich aber die Möglichkeit, dass Einzelne, vielleicht durch längere Uebung einen grösseren Einfluss auf die Accommodation je eines Auges erlangt haben könnten, nicht ganz in Abrede stellen.

Das, was Kaiser aus theoretischen Betrachtungen für eine verschiedene Accommodation anführt, lässt sich mindestens eben so gut anders erklären.

Bekanntlich giebt es nach den Erfahrungen der meisten Ophthalmologen eine Menge Personen, denen das Tragen von verschiedenen Gläsern nicht nur nach dem Ablegen der Brille Unbequemlichkeiten verursacht, sondern die auch während des Tragens derart genirt werden, dass sie die Brille zum Sehen nicht benutzen können. Beides lässt sich wohl dadurch erklären, dass die Augen mit verschiedener Refraction derart an ihre ohne oder mit Correction erhaltenen Bilder gewöhnt sind, dass in einem Fall die beiderseitig scharfen Bilder Unbequemlichkeiten hervorrufen; im andern Fall nimmt das Auge die beider-

seitig scharfen Bilder an; wird nun aber nach längerer Benutzung die Correction aufgehoben, so fällt es jetzt den Augen schwer, die ungleichen Netzhautbilder wieder zum binokularen Eindruck zu vereinigen, was unter Umständen so weit gehen kann, dass ein Mensch, der Jahre lang die corrigirenden verschiedenen Gläser getragen hat, nach dem Ablegen der Brille längere Zeit nicht im Stande ist, gewöhnlichen Druck zu lesen.

§ 11.

Bei allen diesen Untersuchungen sind wir davon ausgegangen, dass binokularer Sehact, also normales Verhalten, vorhanden war.

Dass unter pathologischen Verhältnissen ein Auge allein ohne das andere zu accommodiren im Stande ist, zeigen die Untersuchungen von Werth.

In seinem „Beitrag zur Lehre von der Myopie“ führt er die dauernde Accommodations-Anstrengung als eine hauptsächliche Ursache der Entwickelung des staphyloma posticum an und betrachtet als sichern Beweis hierfür den Umstand, dass er bei einer Reihe von Personen, bei welchen ein Auge vom binokularen Sehact ausgeschlossen und ausser in einem Fall auch abgelenkt war, wodurch die Convergenzbewegung als Grund für die Entstehung und Progressivität der Myopie wegfiel, dennoch auf dem einen sehtüchtigen Auge ein Staphylom findet, während das andere abgelenkte einen den übrigen Verhältnissen entsprechenden Befund, jedoch kein Staphylom und in einigen Fällen auch das unveränderte Accommodationsvermögen darbot.

Hierdurch gelangt Verfasser zu der Annahme, dass unter derartigen Umständen bei beiderseitig vorhandenem Accommodationsvermögen dennoch ein Auge die Verwendung desselben bedeutend einschränken, oder auch auf dasselbe verzichten kann.

Eine Reihe von Untersuchungen, deren Resultat den

Ausfall der Accommodation auf dem vom binokularen Sehact ausgeschlossenen Auge ergab, zeigte ihm die Richtigkeit obiger Annahme.

Mangel an genügendem Material verhinderten mich leider an einer Wiederholung dieser Untersuchungen. Doch sind dieselben so exact und stimmen so sehr mit den Ergebnissen unserer theoretischen Erörterungen, dass ich kein Bedenken trage, das, was Werth gefunden, als feststehend zu betrachten.

Sehen wir von dem einen Fall ab, in dem bei erhaltener Convergenz, aber einer durch eine Hornhauttrübung bedingten Sehstörung, das eine Auge auf die gemeinschaftliche Accommodation verzichtet hatte, so zeigen die übrigen Beobachtungen, dass die mangelnde beiderseitige Accommodation mit mangelnder beiderseitiger Einstellung der Augen verbunden war.

Und in diesem Mangel der binokularen Einstellung müssen wir entschieden auch die mangelnde binokulare Accommodation begründet erachten.

Denn wenn auch durch die Entdeckung der relativen Accommodationsbreite die alte Lehre von dem engen Zusammenhang der Accommodation mit der Convergenz sich als unrichtig ergab, so haben doch die obigen Untersuchungen (s. § 2 u. § 3) gezeigt, dass die relative Accommodationsbreite mit dem Convergenzwinkel verknüpft ist und zwar insoweit, als die Durchschnittspunkte der Sehlinien es für seitliche Lage eines Objectes bei gleichem Convergenzwinkel erfordern.

Dass daher bei Ausschaltung eines Auges dieses auf seine Accommodation verzichtet, kann uns nicht wundern.

§ 12.

Recapituliren wir also das, was sich als Resultat der Arbeit ergiebt, so können wir sagen:

1) Bei erhaltenem binokularen Sehact kann das Accommodationsvermögen beider Augen sowohl bei Isome-

tropen als bei Anisometropen, selbst zum Nachtheil des beiderseitigen Scharfsehens, nur gleichzeitig und gleich stark angespannt werden.

2) Der nach Werth bei mangelndem binokularen Sehact entstehende Ausfall der Accommodation auf dem ausgeschlossenen Auge ist höchst wahrscheinlich durch den Ausfall der binokularen Einstellung bedingt.

Vorstehende Untersuchungen wurden in der Klinik des Herrn Professor Dr. Becker in Heidelberg gemacht, dem ich für seine freundliche Anregung zu dieser Arbeit hiermit den herzlichsten Dank sage.